https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3749

استخدام مؤشر (TWI) في تحديد مواقع تجمع مياه الجريان السيلي بمنطقة الخمس – ليبيا.

د. رجب فرج سالم اقنيبر
أستاذ مشارك بقسم الجغرافيا/ بالأكاديمية الليبية فرع الخمس– ليبيا.
rajabegnaber@academy.edu.ly

تاريخ الاستلام 2025/10/05 تاريخ القبول 2025/10/25 تاريخ النشر 2026/01/01

الملخص:

يركز البحث على توظيف مؤشر الرطوبة الطوبوغرافية (TWI) كأحد تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد، وذلك لتحليل العلاقة بين قابلية التضاريس للاحتفاظ بالمياه ومعدل تدفقها نحو المناطق المنخفضة، وبما إن المنطقة الساحلية بالخمس تنحصر بين سلسلة من الهضاب والتلال المرتفعة في جهتها الجنوبية، وتتخللها العديد من الأودية، فهي تتعرض خلال المواسم الممطرة لتجمع كميات كبيرة من مياه الأمطار في المواضع المنخفضة، مما يؤدي إلى حدوث فيضانات تتسبب في إغلاق الطرق وتعطّل حركة السير بالمنطقة. ومن هذا المنطلق، استهدف البحث تحليل تأثير الخصائص الطوبوغرافية في توزيع مياه الجريان السطحي وتحديد المواقع الأكثر عرضة لتجمع السيول، مع إنشاء قاعدة بيانات جغرافية رقمية يمكن توظيفها في التخطيط العمراني والحد من مخاطر الفيضانات، وقد أظهرت النتائج أن الفيضانات تتركز بشكل واضح على الطرق الرئيسة، الأمر الذي يهدد السكان والعمران وتوقف حركة السير بالطرق، كما أثبت مؤشر (TWI) كفاءته العالية في تحديد مناطق تجمع المياه بدقة، مما يؤكد أهميته كأداة علمية مهمة للتنبؤ بالمواقع المعرّضة للفيضانات، ودعم صنّاع القرار في إدارة الموارد المائية؛ للحد من الفيضانات والتخطيط العمراني السليم بمنطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: الفيضانات، نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بُعد، مؤشر الرطوبة الطوبوغرافية، (TWI)، منطقة الخمس، تجمع المياه.

© Journal of Libya for Geographical Studies, Sirte University 2026

Using the Topographic Wetness Index (TWI) to Identify Flash Flood Runoff Accumulation Areas in Al-Khums Region, Libya

Rajab Faraj Salem Aqneber
Department of Geography, Libyan Academy, Al-Khoums Branch, Libya.
rajabegnaber@academy.edu.ly

Received: 05/10/2025 Accepted: 25/10/2025 Published: 01/01/2026

Abstract:

This study focuses on the application of the Topographic Wetness Index (TWI) as a Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing–based approach to analyze the relationship between terrain water retention potential and surface runoff convergence toward low-lying areas. The coastal region of Al-Khums is bounded to the south by a series of elevated plateaus and hills and dissected by numerous wadis, making it highly susceptible during rainy seasons to the accumulation of large volumes of rainfall in topographic depressions. This often results in flash floods that cause road closures and disrupt traffic movement across the region. Accordingly, the study aimed to analyze the influence of topographic characteristics on the spatial distribution of surface runoff and to identify areas most vulnerable to flash flood accumulation, while establishing a digital geographic database that can be utilized in urban planning and flood risk mitigation. The results demonstrated that flood occurrences are clearly concentrated along major road networks, posing significant threats to population safety, built-up areas, and transportation continuity. Furthermore, the Topographic Wetness Index (TWI) proved to be highly effective in accurately delineating water accumulation zones, confirming its importance as a robust scientific tool for predicting flood-prone areas and supporting decision-makers in water resources management, flood mitigation, and sustainable urban planning within the study area.

***Keywords*:** Floods; Geographic Information Systems (GIS); Remote sensing; Topographic Wetness Index (TWI); Al-Khums region; Water accumulation.

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3749

مقدمة:

يُعَدّ استخدام التقنيات المكانية من الوسائل الحديثة والمهمة في رصد أماكن تجمّع مياه الأمطار في المنطقة، وتحديد مواقع تجمّع مياه الأمطار. ومنطقة الخمس، كإحدى المناطق في ليبيا، تواجه مخاطر متكررة جراء الفيضانات والسيول تؤثر سلبًا على البنية التحتية وخاصة الطرق والمواصلات؛ ولذلك تظل الحاجة ماسة إلى خطة استراتيجية للحد من خطر الفيضانات والتقليل من آثارها بالمنطقة، ولعل استخدام نموذج الارتفاع الرقمي من الأدوات الرئيسة التي تعطي الصورة الحقيقية للغطاء الأرضي، وتمكن من إنتاج خريطة تفصيلية تُوضح مناطق تجمّع السيول، والتي من خلالها توجيه اهتمام المتخصصين بالتخطيط البيئي تكون أولى اهتماماتها إدارة مياه الأمطار، والحد من مشاكل السيول والفيضانات بمنطقة الدراسة.

مشكلة البحث:

تُعدّ منطقة الخمس من أكثر المناطق الساحلية تعرضًا لمخاطر السيول والفيضانات الناتجة عن تساقط الأمطار الغزيرة؛ مما يؤدي إلى ارتفاع منسوب المياه في الشوارع والطرق العامة، ويترتب عليه تعطّل حركة المرور وإلحاق أضرار بالبنية التحتية، ونظرًا لصعوبة منع تكرار هذه الظاهرة، تبرز الحاجة إلى دراسة الخصائص الهيدرولوجية للأودية وتحليل السطح الطبوغرافي للمنطقة بهدف تحديد مواقع تجمع مياه الأمطار والمناطق الأكثر عرضة للفيضانات، وخاصة تلك الواقعة على الطرق الرئيسة، وذلك من خلال الإجابة عن التساؤلين الآتيين:

1. إلى أي حد يمكن لمؤشر الرطوبة الطوبوغرافية (TWI) أن يُسهم في تحديد أماكن تجمع مياه السيول بالمنطقة؟
2. ما هي المواقع الأكثر تأثرًا بأخطار السيول في منطقة الدراسة؟

فرضية البحث:

يقوم البحث على الفرضية الآتية: استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ومؤشر الرطوبة الطوبوغرافية (TWI)، في رصد مواقع تجمع مياه الأمطار، يُمكّن من إنتاج خرائط دقيقة توضح المناطق الأكثر عرضة للفيضانات في منطقة الدراسة.

أهداف البحث:

1. تحليل الخصائص الهيدرولوجية للأودية في منطقة الخمس؛ لتحديد مواقع تجمع مياه الأمطار.
2. استخدام مؤشر الرطوبة الطوبوغرافية (TWI)؛ لتحديد المناطق الأكثر عرضة للفيضانات.
3. إنتاج خرائط دقيقة تبين الطرق والمناطق الأكثر تأثرًا بأخطار السيول والفيضانات.

أهمية البحث:

تتجسد أهمية البحث في الآتي:

1. تسليط الضوء على أهمية استخدام مؤشر (TWI) والاستفادة منهما في زيادة الوعي بالفيضانات المحتملة.
2. توجيه الأنشطة البشرية للابتعاد عن مناطق تجمع المياه، ودعم الجهود المحلية للحد من مخاطر الفيضانات بالمنطقة.
3. التنبؤ بالمواقع المعرّضة للفيضانات، ودعم صنّاع القرار في إدارة الموارد المائية، والتخطيط العمراني المستدام بمنطقة الدراسة.

المنهجية:

اعتمد البحث على المنهج التطبيقي المعني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحليل ومعالجة البيانات، وكذلك المنهج التحليلي، والتركيز على التحليل المكاني ليشمل كل ما له علاقة بالموضوع سرداً ووصفاً.

أدوات البحث:

بالإضافة إلى ما توفره المصادر العلمية اعتمد البحث على نموج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model) واستخلاص الخرائط الآتية منه، وهي (Clayton, 2017, p4-5):

1. نموذج الارتفاع الرقمي للمنطقة Digital Elevation Model for area
2. اتجاهات جريان المياه Flow Direction Layer
3. مناطق تجمع المياه Flow Accumulation layer
4. طبقة الانحدار Slope Layer

موقع وحدود منطقة البحث:

تقع في شمال غرب ليبيا وتبعد عن مدينة طرابلس العاصمة (120) كيلومترًا. يحدها من الشمال البحر المتوسط ومن الجنوب منطقة العمامرة، ومن الشرق وادي كعام ومن الغرب وادي لبدة. أمّا فلكيًا تمتد منطقة الدراسة بين بين خطي طول 39.297'6°14 و 50.931'26°14 شرقًا وبين دائرتي عرض 55.1'17°32 و 29.947'38°32 شمالاً، كما هو موضح بالخريطة (1).

خريطة (1) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة.

المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج Arc Map 10.8.2 بالاعتماد على خريطة محلات شعبية المرقب، المكتب الهندسي الاستشاري، طرابلس.

الدراسات السابقة:

توجد العديد من الدراسات التي تناولت تقييم وتحديد المناطق المعرضة للفيضانات في

العديد من المناطق في ليبيا، إلا إن موضوع مؤشر (TWI) في تحديد مواقع تجمع مياه الجريان السيلي لم يتم تناوله في منطقة الخمس التي تُعد من أكثر المناطق عرضة للفيضانات الساحلية وخاصة، ومن الدراسات المشابهة ما يأتي:

– **تناولت دراسة ماو وآخرون (2025) Maou, & others** تقييم حالات الفيضانات المفاجئة ومناطق الخطر على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط: نهج نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات رسم الخرائط في حوض وادي صف الصاف، شمال شرق الجزائر، اعتمدوا على التحليل المورفومتري الإحصائي وGIS في تقييم المخاطر في المناطق الساحلية، وأظهرت النتائج خمس فئات من المخاطر، من منخفضة جداً إلى عالية جداً، مع تحديد المواقع الأكثر عرضة للفيضانات.

– **دراسة لعاشور (2023)** لتقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي درنة من خلال دمج نظم المعلومات الجغرافية ونموذج خدمة الحفاظ على التربة (SCS-CN)، وقد أظهرت نتائج النموذج أنّ متوسط حجم الجريان السطحي السنوي خلال الفترة (1960-2000) بلغ حوالي (138.51) مليون مترًا مكعبًا، كما أن حوض وادي درنة يتميز بارتفاع الاستجابة الهيدرولوجية للأمطار الغزيرة بسبب خصائص التربة ونمط استخدام الأرض، مما يجعله عرضة لمخاطر الفيضانات المتكررة.

– **دراسة القاسي وآخرون (2023)** حول تقييم وتحديد المناطق المعرضة للفيضانات في منطقة غات الكبرى شملت عدة معايير، وهي رقم منحنى رقم الجريان السطحي (CN)، والمنحدر (S)، والارتفاع (E)، وكثافة الصرف (Dd) ومؤشر البلل الطبوغرافي TWI، ومؤشر الموضع الطبوغرافي (TPI) لإعداد مؤشر المخاطر. باستخدام أدوات تحليل المنطق الضبابي في ArcGIS، وأظهرت النتائج أن 40٪ من الفيضانات مرتبطة بمناطق عالية الخطورة إلى عالية جدًا، مع تعرض الأراضي السكنية لأكبر خطر، مؤكدة فاعلية الموضوع في دعم اتخاذ القرار لإدارة الكوارث.

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3749

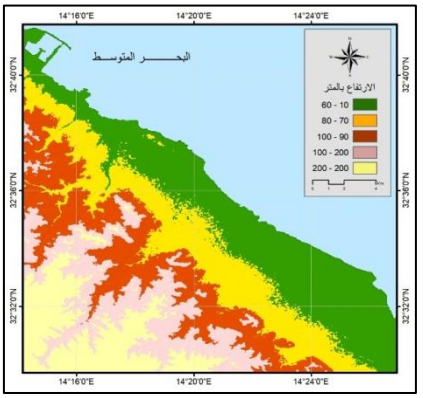
المحور الأول

مؤشر مؤشرات تجمع المياه بناء على الفروقات في الارتفاعات

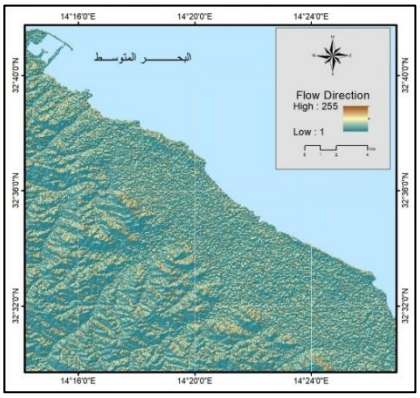
وهي أهم الخطوات، وهي تجهيز الطبقات المطلوبة من الخرائط، وجميعها لها علاقة بتجمع المياه بناءً على الفرق في الارتفاعات التي ستُستخدم لتحديد المواقع القابلة لتجمع المياه، وهذه الخرائط كما هي على النحو الآتي:

1. **نموذج الارتفاع الرقمي** : (Digital Elevation Model - DEM) ويعتبر من أهم الطبقات التي يمكن عن طريقها تحديد حركة الجريان السطحي للمياه، وتحديد نقاط تجمع المياه بناءً على الارتفاعات. وكما هو معلوم أنه كلما انخفض السطح، ازدادت احتمالية تجمع المياه أكثر، وعلى العكس تماماً عندما يكون السطح مرتفعاً. ومن الخريطة (2) نجد أن الفئة الأولى التي تتراوح بين (12-55) مترًا، تمثل نقاط تصريف نهائية للأودية بالمنطقة، وتعتبر أخفض المناطق لتجميع المياه وأكثرها تكوينًا للفيضانات بمنطقة الدراسة. أما الفئة الثانية التي تتراوح بين (56-80) مترًا، فهي تمثل مناطق قابلة لتجمع المياه كونها تعتبر مناطق منبسطة، بينما الفئة (81-110) مترًا، وهي تمثل منطقة انتقالية بين المناطق المرتفعة والمناطق المسطحة تميزت بمسارات أولية لتجمع المياه المؤقتة. أما مناطق السفوح أو الانحدارات المتوسطة الواقعة بين (120 -140 مترًا، تحتوي على مسارات لتجمع المياه السطحية فيها، فيزداد تدفق المياه السطحية نتيجة تجمع المياه من المناطق الأعلى. أما المناطق التي تبدأ منها عملية الجريان السطحي، والتي تنحصر بين (150 -190) مترًا، فهي تشكل مناطق مجاري الرتبة الأولى المعنية بمنابع الأودية أعلى المناطق التي تسقط عليها الأمطار.
2. اتجاهات جريان المياه (Flow Direction Layer)، وتعتبر من الطبقات المهمة لحساب التدفق التراكمي (Flow Accumulation)، والمطلوبة في حساب معادلة (TWI) لكي يمكن تحديد المسارات التي تسلكها المياه من كل خلية (pixel) في نموذج الارتفاع الرقمي (DEM).

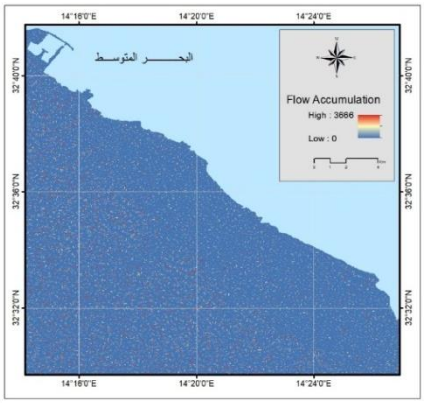
خريطة (2) نموذج الارتفاع الرقمي



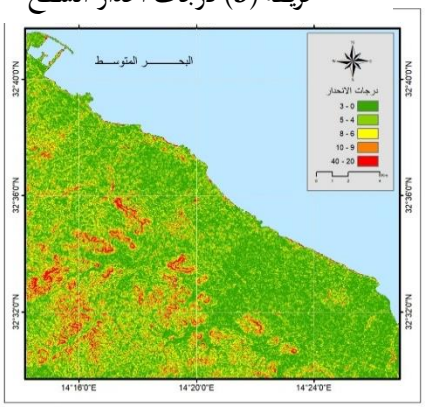
خريطة (3) اتجاهات جريان المياه



خريطة (4) أماكن تجمع المياه



خريطة (5) درجات انحدار السطح



المصدر: الخرائط من إعداد الباحث باستخدام (GIS) منتجة بالاعتماد على صورة (DEM) بدقة مكانية 12.5 متر.

المحور الثاني : مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI):

مؤشر الرطوبة الطبوغرافية (TWI) "هو مؤشر لتأثير التضاريس المحلية على اتجاه تدفق الجريان السطحي وتراكمه ويتم إجراء حساب (TWI) باستخدام التقنيات المكانية، من برنامج (ArcMap) لتحديد أنماط جريان الأمطار، والمناطق ذات الزيادة المحتملة في رطوبة التربة، ومناطق البرك" (www.illinoisfloodmaps.org/topo-wetness)، ومن خريطة نموذج الارتفاع الرقمي للمنطقة (DEM) وخريطة اتجاهات جريان المياه (Flow Direction) وخريطة مناطق تجمع المياه (Flow Accumulation) وخريطة درجات الانحدار (Slope) يتم حساب مؤشر (TWI) وتحديد تجمع المياه بناءً

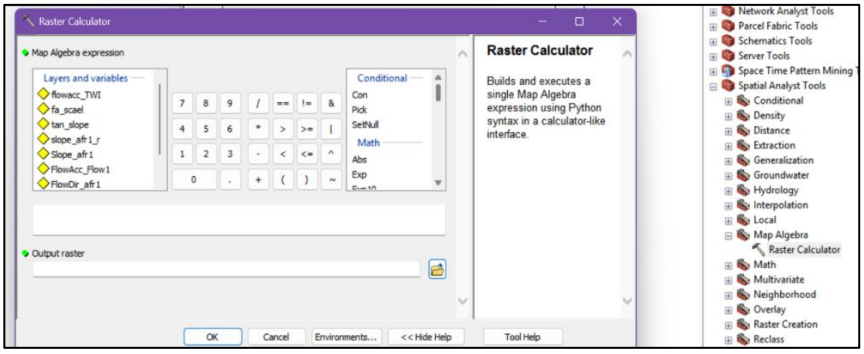
https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3749

على الفرق في الارتفاعات باستخدام أداة (Map Algebra) & (Raster Calculator) بتطبيق المعادلات التالية:

Step for TWI

DEM→Fill DEM→Flow direction→Flow accumulation→Slope in degree→Radians of slope= (Slope in degree*1.570796)/90→Tan slope= con (slope>0, tan(slope), 0.001)→Flow accumulation scaled=(flow accumulation+1)*cell size→TWI= Ln(Flow accumulation scaled/Tan slope)

شكل (1) أداة العمل Map Algebra



1. تحويل الانحدار من درجات إلى(*) Radian (Bisrat & Berhanu, 2018, p94):

$$Slope = Slope \times 1.5707796/90$$

2. حساب ظل زاوية الانحدار مع معالجة القيم الصفرية:

$$Tan\ Slope = Con(Slope > 0, Tan\ (Slope), 0.001)$$

3. حساب التدفق التراكمي الموزون بحجم الخلية:

$$Fa_scaled = (Fa+1) * Cell\ Size$$

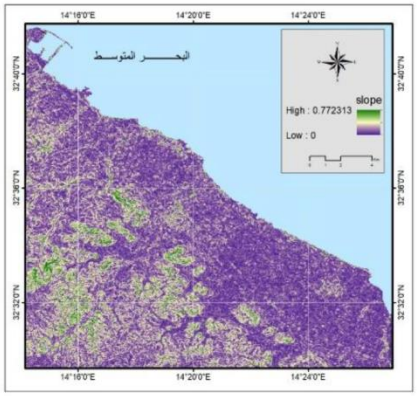
4. حساب مؤشر TWI النهائي (Drover, And others, 2015, p11823):

$$TWI = In\ (Fa_scaled) / Tan\ (Slope)$$

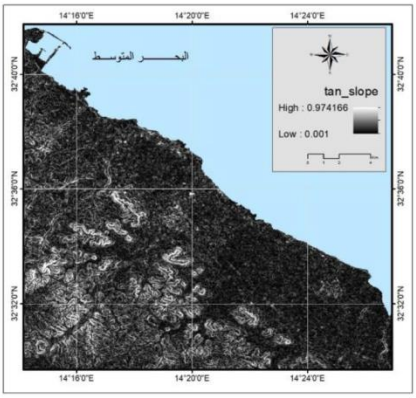
ومن خلال تطبيق المعادلات السابقة، تم استخلاص كل الخرائط لتنتهي الخطوة الأخيرة بإنتاج خريطة تحدد المواقع الرئيسية، التي تتجمع فيها مياه الأمطار على الطرق بالمنطقة والمشار بالخريطة (10):

(*) (Radian) هو: وحدة قياس الزوايا، ويُستخدم لتحويل الانحدار من الدرجات (Degrees) إلى (Radians)

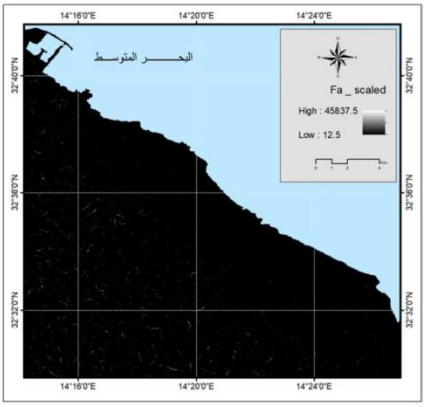
خريطة (6) تحويل الانحدار من درجات إلى Radian



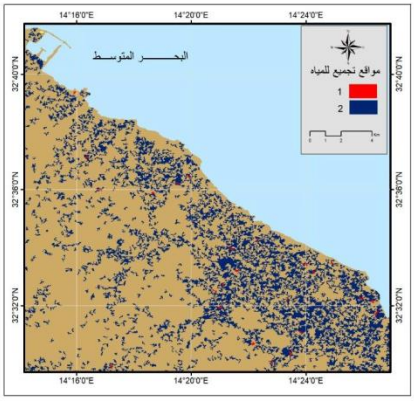
خريطة (7) حساب ظل زاوية الانحدار مع معالجة القيم الصفرية



خريطة (8) حساب التدفق التراكمي الموزون بحجم الخلية



خريطة (9) حساب مؤشر TWI النهائي



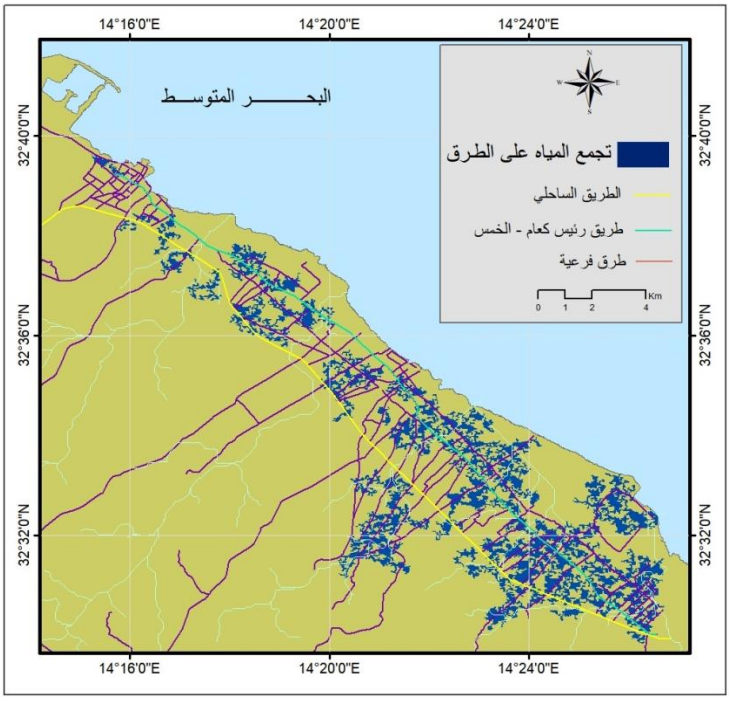
المصدر: نفس المصدر السابق اعتماداً المعادلات السابقة من 1 – 4 .

المحور الثالث: مناقشة النتائج:

أظهرت نتائج تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية لمؤشر (TWI) والتحليلات السابقة أن مواقع تجمع مياه الأمطار تركزت في المناطق المنخفضة ذات الانحدارات البسيطة على الطرق الرئيسة، مما يجعلها أكثر عرضة للفيضان، وكما موضحة على الخريطة التالية والمشار لها باللون الأزرق، حيث يتضح كبر أكبر كثافة لتجمع المياه تقع في المنطقة الوسطى والجنوبية الشرقية وعلى طول المنطقة الساحلية على جانبي الطرق الرئيسية والفرعية، وكما يظهر واضحاً من الخريطة الآتية:

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3749

خريطة (10) مواقع تجمع المياه بمنطقة الدراسة.



المصدر: نفس المصدر السابق اعتماداً المعادلات السابقة من 1 – 4 .

وبناءً على الإحداثيات الجغرافية المبينة في الجدول التالي نجد تركز المياه على امتداد المنطقة الساحلية ضمن تقاطعات الطرق الرئيسة والفرعية، مما يستدعي حلولاً جدرية لتفادي إغلاق الطرق ولحماية البنية التحتية بالمنطقة.

جدول (1) المواقع التقريبية لتجمع المياه الرئيسية بمنطقة الدراسة.

ت	الموقع	X	Y
1	تجمعات معتدلة قرب الساحل	14°16' – 14°18'	32°38' – 32°40'
2	على طول الطريق الساحلي والفرعي	14°16' – 14°18'	32°36' – 32°38'
3	كثافة مياه عالية	14°18' – 14°20'	32°36' – 32°38'
4	فيضان كثيف جدًا على تقاطع الطرق	14°20' – 14°22'	32°34' – 32°36'
5	أعلى كثافة للفيضان في كامل الخريطة	14°20' – 14°24'	32°32' – 32°34'
6	كثافة عالية جدًا للفيضانات على الطرق الفرعية	14°20' – 14°24'	32°30' – 32°32'
7	فيضانات واسعة ومتوزعة ومتداخلة مع الطرق	14°18' – 14°22'	32°28' – 32°30'
8	أقل كثافة ولكنها منتشرة على الطرق الفرعية	14°16' – 14°20'	32°26' – 32°28'
9	تجمعات للمياه على الطريق كعام الخمس المشار له باللون الأخضر	14°18' – 14°20'	32°22' – 32°24'

تؤثر الفيضانات على الحركة المرورية، وتتسبب في حدوث الكثير من المشاكل، التي من أهمها:

1. كثرة حوادث المرور جراء البحيرات التي تكونها الفيضانات على الطرق التي تؤدي إلى وقوع الحوادث خاصة على الطرق الرئيسة وما يترتب عنه من ازدحام واختناقات مرورية تعطل حركة المرور واغلاق الطرق.
2. تجمع المياه يؤدي إلى ضرر بالأسفلت حيث تآكل الطبقات المرصوفة وحدوث تشققات وحفر بالطرق، إلى جانب تلف الأرصفة والمنشآت الجانبية على الطرق مما يتطلب نفقات كبيرة لإصلاحها.
3. توقف حركة المرور والنقل العام في كثير من المواقع التعليمية والإدارية والخدمية، وصعوبة التنقل بين المناطق.

النتائج:

1. تحديد المناطق الأكثر خطورة تبيّن من خلال النماذج المكانية تحديد البؤر الأساسية؛ لتجمع السيول بالمنطقة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية.
2. أظهرت الخريطة أن الفيضانات تتركز على الطرق الرئيسة، وهذا بدوره يؤثر سلباً استدامة الطرق.
3. أثبت مؤشر (TWI) قدرته العالية على تحديد أشكال تجمع المياه في منطقة الدراسة، كأداة مهمة لتوقع المواقع الأكثر عرضة للفيضانات؛ مما يجعله أساساً علمياً يمكن الاعتماد عليه في التخطيط الحضري وإدارة السيول.
4. بناء قاعدة بيانات جغرافية رقمية متكاملة، تفيد صنَّاع القرار والجهات المحلية في التخطيط العمراني؛ للحد من مخاطر الفيضانات.

التوصيات:

1. الاستفادة من مؤشر (TWI) كأداة رئيسية في مشاريع البنية التحتية، واعتمادها في التخطيط العمراني لتلافي إنشاء أي مرفق وخاصة الطرق أو مباني في المناطق المعرضة لتجمع مياه السيول بالمنطقة.
2. تنفيذ بيارات لتصريف السيول، خاصة في النقاط الحرجة التي حددتها خريطة تجمع المياه، لتقليل مخاطر تراكمها على الطرق الرئيسة.

https://doi.org/10.37375/jlgs.v6i1.3749

3. تكثيف الدراسات الهيدرولوجية الأكثر تفصيلاً، تشمل تحديد حجم الجريان السيلي للأودية وتقدير كميات المياه المتدفقة في المواسم الممطرة.
4. إعادة النظر في المواصفات الهندسية في تصميم الطرق؛ بما يضمن الحد من الأضرار الناجمة عن السيول.
5. بناء قاعدة بيانات جغرافية تتعلق ببيانات الأمطار، والجريان السطحي، ومواقع الفيضانات لكي تكون مرجعاً يفيد الجهات المعنية بالتخطيط بمنطقة الدراسة.
6. توعية المواطنين بإخطار السيول، ونشر خرائط بمواقع أخطار الفيضانات والسيول، والابتعاد عن مجاري السيول ومناطق تجمع المياه، وتفعيل خدمات الطوارئ أثناء مواسم الأمطار.

المصادر والمراجع:

- عاشور، عبد الوانيس عبدالرحمن، (2023)، تقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي درنة من خلال التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية ونموذج (SCS-CN) مجلة جامعة سبها للعلوم البحثية والتطبيقية.
- القاسي، حامد وآخرون، (2023)، استخدام نظم المعلومات الجغرافية والمنطق الضبابي متعدد المعايير لتقييم وتحديد المناطق المعرضة للفيضانات في منطقة غات الكبرى، مجلة جامعة وادي الشطي للعلوم البحتة والتطبيقية، المجلد 1، العدد 1، يوليو – ديسمبر.
- عبد الرحمن، هالة مُحَمَّد، (2022)، هيدرولوجية أحواض الوديان وحصاد المياه غرب بحيرة ساوه، رسالة ماجستير (غير منشورة)،كلية التربية للبنات، جامعة بغداد.

- Ballerine, C. (2017). *Topographic Wetness Index Urban Flooding Awareness Act Action Support, Will and DuPage Counties, Illinois: Coordinated Hazard Assessment and Mapping Program.* Illinois State Water Survey, Prairie Research Institute, University of Illinois.
- Bisrat, E., & Berhanu, B. (2018). Identification of surface water storing sites using Topographic Wetness Index (TWI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). *Journal of Natural Resources and Development, 8,* 91–100. Addis Ababa, Ethiopia.
- Drover, D., et al. (2015). Effects of DEM scale on the spatial distribution of the TOPMODEL Topographic Wetness Index and its correlations to watershed characteristics. *Copernicus Publications on behalf of the European Geosciences Union.*
- Maou, A., & others. (2025). Assessing flash flood occurrences and hazard zones along the Mediterranean coasts: A GIS and mapping techniques approach in the Wadi Saf Saf Basin. *Frontiers in Earth Science, Section: Geohazards and Georisks.*
- https://www.illinoisfloodmaps.org/topo-wetness-index.aspx#top